文章编号:1000-582x(2000)02-0105-04

伴随投入品替代对内生技术变化的影响(Ⅱ)*

傅 强
(重庆大学 工商管理学院,重庆 400044)

摘 要:研究了技术许可方决策行为对替代投入品R&D的影响,证明了非承诺型R&D最优决策的存在性及稳定性。

关键词:技术许可;技术变化;伴随品
中图分类号:F 224.0;F752.67 文献标识码:A

在文献[1]的基础上,继续展开讨论。

1 技术许可双方决策的 Stackelberg-Nash 均衡

当许可方了解到伴随投入品可能被引进方替代后,就可能改变伴随投入品的价格,以此来影响引进方的R&D.当使用的伴随投入品不是强制性的合同伴随品(仅仅是由于许可方是这种投入品的唯一供应商)时,许可方就不能对引进方的R&D计划施加合同限制,但许可方可能给引进方以伴随投入品的价格承诺。

于是,在许可方和引进方之间就可以构造一个动态博奕。该博奕均衡的性质将主要地依靠许可方和引进方之间的协议能否达成。引进方通过选择自己的R&D速度,反应自己的承诺,一旦这个R&D速度选定,从开始到结束,它都不会有变化。然而,如果许可方不提供任何未来伴随投入品的价格承诺,引进方就没有理由相信许可方将选择什么策略,除了文献[1]中(6)式给出的 $\bar{\alpha}_1$ 以外,在缺少双方共同协议的情况下,引进方很有可能选择文献[1]的 ρ^*.假定:

(a) 许可方没有其它的技术购买者。

(b) 引进方不认识其它相应技术的供应商,即引进方只面对一个技术供应方。

由于许可方在伴随投入品市场上具有垄断地位,我们为这个博奕寻找一个 Stackelberg-Nash 均衡。

定义递减序列 α_{1k}

$$\alpha_{10} = \beta n_0/m_1, \alpha_{11} = \beta n_1/m_1, \cdots, \alpha_{1k}\alpha = \beta n_k/m_1 \cdots$$

上序列收敛于 $\bar{\alpha}_1 = \beta\bar{n}_1/m_1$.

如果伴随品价格为 α_1 或者更高,引进方将立即开始使用替代投入品;如果 $\alpha_{1k} < \alpha_1 \leqslant \alpha_{1k-1}$, $k > 0$,则引进方至少在 k 个值以后开始使用替代投入品;如果 $\alpha_1 \leqslant \bar{\alpha}_1$,则引进方决不可能通过R&D去开发替代品;因此,许可方只能把 α_1 的选择纳入到区间$[\bar{\alpha}_1, \alpha_1]$内。

如果 $\alpha_1 \in (\alpha_{1k}, \alpha_{1k-1}]$, $k > 0$,则当 $g(q(\alpha_1)) = \alpha_1 m_1 + \alpha_2 m_2$ 时,许可方获得的适时利润为 $\pi(g(\alpha_1))$.如果R&D计划已经开始执行,在 k 步阶段性成果取得以后,替代投入品开始投入使用,此时,技术引进方获得的适时利润为 $\pi(q_j)$, $j = k, k+1, \cdots$, $g(q_j) = \beta n_i + \alpha_2 m_2$, $j = k, k+1, \cdots$,于是,对于给定的价格 α_1,引进方采取R&D速度 ρ 所获得的期望总利润为:

$$N(\rho, \alpha_1) = -\frac{v(\rho)}{r} + \frac{1}{r}\pi(g(\alpha_1))\left(1 - \frac{\rho^k}{(1+\rho)^k}\right) + \sum_{j=k}^{\infty}\frac{\pi(q_j)\rho^j}{(r+\rho)^{j+1}}$$

$$\alpha_{1k} < \alpha < \alpha_{1k-1}, 0 \leqslant \rho \leqslant \bar{\rho} \qquad k = 0,1,2,\cdots$$

对每个 $\alpha_1 \in [\bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_{10}]$,可以定义引进方的R&D反应函数 $\alpha(\bar{\alpha}_1)$, $\bar{\alpha}_1 \leqslant \alpha_1 \leqslant \alpha_{10}$,对每个 α_1、有:

$$N(\alpha(\alpha_1), \alpha_1) \geqslant N(\rho, \alpha_1) \qquad 0 \leqslant \rho \leqslant \bar{\rho}$$

先证明如下引理。

引理1 $\alpha(\alpha_1)$ 是逐点可微的,在 α_{1k}, $k = 0,1,2,\cdots$ 是不连续的,如果 $\alpha_1 \in (\alpha_{1k}, \alpha_{1k-1})$, $k = 1,2,\cdots$ 有 $\alpha(\alpha_1) > 0$, $d\alpha/d\alpha_1 > 0$,进一步,有 $\lim\limits_{\alpha_1 \to \alpha}\alpha(\alpha_1) = 0$.

证明 $N'(\rho, \alpha_1)$ 和 $N''(\rho, \alpha_1)$ 和表示 $N(\rho, \alpha_1)$

* 收稿日期:1999-04-28
作者简介:傅强(1963-),男,重庆南川人,副教授,博士,主要从事空间结构理论及技术创新和管理的研究。

相对于 ρ 的一阶和二阶偏导数。对每个 α_1,如果 $a(\alpha_1)>0$,则 $N'(a(\alpha_1),\alpha_1)=0$;如果 $\alpha_1\in(\alpha_{1k},\alpha_{1k-1})$,则 α_1 的微小变化将保持 K 步阶段性成果数不变,所以,如果 $\alpha_1\in(\alpha_{1k},\alpha_{1k-1})$,$a(\alpha_1)$ 是可微的且 $a(\alpha_1)>0$.

$$\frac{\mathrm{d}a}{\mathrm{d}\alpha_1}=-\frac{1}{N''(\rho)}\frac{\partial N'(\rho,\alpha_1)}{\partial\alpha_1}$$

$$\rho=a(\alpha_1),\alpha_{1k}<\alpha_1<\alpha_{1k-1}$$

或者

$$\frac{\mathrm{d}a}{\mathrm{d}\alpha_1}=-\frac{1}{N''(\rho)}\left[-K\frac{\rho^{k-1}}{(r+\rho)^{k+1}}\frac{\partial\pi(q(\alpha_1))}{\partial\alpha_1}\right]>0$$

$$\rho=a(\alpha_1),\alpha_{1k}<\alpha_1<\alpha_{1k-1}$$

然而,$N'(\rho,\alpha_1)$ 在 α_{1k} 处的右极限为:

$$\lim_{\alpha_1\to\alpha_{1k}^+}N(\rho,\alpha_1)=-\frac{v'(\rho)}{r}-\frac{K\rho^{k-1}\pi(q(\alpha_{1k}))}{(r+\rho)^{k+1}}+\sum_{j=k}^{\infty}\pi(q'_j)\frac{\rho^{j-1}}{(r+\rho)^{j+2}}(jr-\rho)$$

如果 $\alpha_1=\alpha_{1k}$,有:

$$N(\rho,\alpha_{1k})=-\frac{v'(\rho)}{r}-\frac{(K+1)\rho^{k}\pi(q(\alpha_{1k}))}{(r+\rho)^{k+2}}+\sum_{j=k}^{\infty}\pi(q'_j)\frac{\rho^{j-1}}{(r+\rho)^{j+2}}(jr-\rho)$$

如果 $a(\alpha_1)>0$,则 $N'(a(\alpha_1),\alpha_{1k})=0$,且

$$\lim_{\alpha_1\to\alpha_{1k}^+}N'(a(\alpha_1),\alpha_1)=N'(a(\alpha_{1k}),\alpha_{1k})=0,k=1,2,3,\cdots$$

由 N 的凹性,如果 $a(\alpha_{1k})>0$,必有:

$$\lim_{\alpha_1\to\alpha_{1k}^+}a(\alpha_1)>a(\alpha_{1k})$$

所以当 α_1 下降时,$a(\alpha_1)$ 连续下降(由于 $\mathrm{d}a/\mathrm{d}\alpha_1>0$),且在 α_{1k} 发生下跳跃,$K=1,2,3,\cdots$,如果 $a(\alpha_1)=0$,则对比 α_1 小的值,它仍然为 0.

由于 $\alpha_1(\bar{\alpha}_1)=0$,所以 $\lim_{\alpha_1\to\alpha_1}a(\alpha_1)=0$,因此大的 K(替代投入品开始使用前所需要的阶段性成果的最小数)会变得非常大,那么引进方采用的 R&D 的速度将变成零或者非常小。

有了引理 1,就能够计算引进方的期望利润函数 $M(\alpha_1)$ 了,它是对给定引进方反应函数 $a(\alpha_1)$ 的反应。如果伴随品价格为 α_1,有 $\alpha_1\in(\alpha_{1k},\alpha_{1k-1})$,那么引进方将选择 $a(\alpha_1)$ 作为 R&D 的速度,如果 $a(\alpha_1)>0$,则许可方将获得适时利润 $\varphi(\alpha_1)$ 直到引进方 k 个阶段性成果取得以后。

$$\varphi(\alpha_1)=(\alpha_1-c_1)m_1q(\alpha_1)$$

K 个阶段性成果以后,技术许可方利润为 0,故

$$M(\alpha_1)=\frac{\varphi(\alpha_1)}{K}\left(1-\frac{a(\alpha_1)^k}{(r+a(\alpha_1))^k}\right),$$

$$\alpha_{1k}<\alpha_1<\alpha_{1k-1}$$

由[1]中(6)知,当 $\bar{\alpha}_1=(g(q-\alpha_2m_2))/m_1$ 时,$\varphi(\alpha_1)$ 在 $\bar{\alpha}_1$ 处取得最大值,于是许可方的适时利润可以由下述关系表达:

$$\frac{\mathrm{d}\varphi(\alpha_1)}{\mathrm{d}\alpha_1}<0\qquad\alpha_1>\bar{\alpha}_1$$
$$\frac{\mathrm{d}\varphi(\alpha_1)}{\mathrm{d}\alpha_2}>0\qquad\alpha_1<\bar{\alpha}_1\tag{1}$$

进一步,如果 α_1 是伴随投入品的价格,则 K^* 是成功替代所需要的最小阶段性成果数,按照[1](* *)式,有 $\bar{\alpha}_1>\beta n_{k^*}/m_1=\alpha_{1k^*}$.

对 $\alpha_1>\bar{\alpha}_1$,即 $\alpha_1\in(\bar{\alpha}_1,\alpha_{1k^*-1}]$,有:

$$\frac{\mathrm{d}M(\alpha_1)}{\mathrm{d}\alpha_1}=-\frac{\varphi(\alpha_1)K^*a(\alpha_1)^{k^*-1}}{(r+a(\alpha_1))^{k^*+1}}\cdot\frac{\mathrm{d}a(\alpha_1)}{\mathrm{d}\alpha_1}+\frac{1}{r}\frac{\mathrm{d}\varphi}{\mathrm{d}\alpha_1}\left(1-\frac{a(\alpha_1)^{k^*}}{r+(a(\alpha_1))^{k^*}}\right)<0\tag{2}$$

亦可以证明 $M(\alpha_{1k^*-\tau})<M(\bar{\alpha}_1),\tau=1,2,3,\cdots$,于是 $M(\alpha_1)$ 将不能在任何大于 $\bar{\alpha}_1$ 处达到其最大值,下面的命题刻划了所需要的性质。

命题 1 对给定的引进方的反应函数、许可方的期望利润函数将在 $\hat{\alpha}_1$ 处达到其最大值,$\bar{\alpha}<\hat{\alpha}_1<\frac{\mathrm{d}a}{\mathrm{d}\alpha_1}$.

证明略。

由命题 1 和 Stackelberg - Nash 均衡的定义,可清楚地知道 $\hat{\alpha}_1$ 是许可方要求的 Stackelberg - Nash 均衡投入品价格,$a(\hat{\alpha}_1)=\hat{\rho}$ 是引进方在 Stackelberg - Nash 均衡中所采取的相应的 R&D 速度。

把 ρ^* 与 Stackelberg - Nash 均衡导入的 $\hat{\rho}$ 比较,有以下几种情形:

(i) 如果 $\rho^*=0$,则 $\hat{\rho}=0$,这是平凡情况;

(ii) $0<\hat{\rho}<\rho^*$、$\hat{\alpha}_1<\bar{\alpha}_1$,此处许可方通过提供低价格的伴随投入品给引进方,从而推迟了替代投入品的研究,结果引进方采用了较 ρ^* 小的 R&D 速度。对任意的 K、如果 $\hat{\alpha}_1\neq\alpha_{1k}$,有 $\frac{\mathrm{d}M(\hat{\alpha}_1)}{\mathrm{d}\alpha_1}=0$,即如果对某些 K,$\hat{\alpha}_1>\alpha_{1k}$,则有:

$$\varphi(\hat{\alpha})K\frac{\hat{\rho}}{(r+\hat{\rho}\alpha)^{k+1}}\frac{\mathrm{d}\hat{\rho}}{\mathrm{d}\alpha_1}=\frac{1}{r}\left(1-\left(\frac{\hat{\rho}}{(r+\hat{\rho})}\right)^k\right)\frac{\mathrm{d}\varphi}{\mathrm{d}\alpha_1}\tag{3}$$

方程(3)表明在 $\hat{\alpha}_1$ 处、因提供较低的伴随投入品

的价格所产生的损失(此种损失为替代投入品开发以前适时利润的损失)应该等于因引进方选择较低的伴随投入品的价格而降低了 R&D 的速度所产生的利润(该利润是替代的推迟而产生的)。

(iii) $0 = \rho^* = \hat{\rho}, \hat{\alpha} = \bar{\alpha}_1$,此时 $\frac{\mathrm{d}M(\hat{\rho}_t)}{\mathrm{d}\alpha_1} = 0$,结果是技术许可方不希望伴随投入品的价格低于 α_1,引进方采取同样的 R&D 速度 ρ^*.

从以上讨论可以看出,如果许可方对引进方开发替代投入品具有完全信息,那么它将提供更为低的适时价格以减缓引进方的 R&D 速度,这将增加引进方在替代完成以前的适时利润,推迟未来替代品的开发,延长引进方对伴随投入品的依赖。

2　非承诺型最优 R&D 决策的存在及稳定性

现在假定引进方选择了一个计划 $\rho_t, 0 \leqslant t < +\infty$,以最大化实现其期望利润,虽然引进方在任何一个时点能够选择 ρ_t,但容易看到在两个成功之间它不会改变,这是因为"系统"的状态仅仅在未来替代品的产量改变的时候才发生变化,因此,只需要考虑如下形式的决策即可:

$$\rho_t = \rho_k \qquad t \in (t_k, t_{k+1}] \qquad k = 1,2,3,\cdots$$

此处 t_k 是相应的 K 次阶段性成果出现的时间。

对给定的决策 $\rho_k, k = 0,1,2,\cdots$,在区间 $[0, t_{k^*}]$ 上,引进方将获取适时利润为 $\pi_k = \pi(q_k)$,k^* 为替代品开始使用前阶段性成果的数目,定义 $\mu(k,t)$ 为第 k 次阶段性成果出现在时间区间 $[t, t+\mathrm{d}t]$ 的概率,于是

$$\mu(0,0) = 1$$

$$\mu(1,t) = \rho_0 \mathrm{e}^{-\rho_0 t}$$

$$\mu(k,t) = \int_0^t \mu(k-1, t-y)\rho_{k-1}\mathrm{e}^{-\rho_{k-1}y}\mathrm{d}y$$

当最优决策获得以后,可以定义一个最优值函数来表示引进方所获得的总期望利润,如果 k 是到目前为止已取得的成功的数目,则最优值函数 $W(k)$ 定义为:

$$W(k) = \max_{\substack{\rho_j, j=k,k+1,\cdots \\ 0 \leqslant \rho_j \leqslant \bar{\rho}}} \sum_{j=k}^{\infty} \int_0^t \frac{\pi_j - v(\rho_j)}{r + \rho_j} \mathrm{e}^{-rt}\mu(j-k; t)\mathrm{d}t$$

利用[2]的结果,可以证明如下命题。

命题 2　存在稳定的最优决策($\rho_k^{**}, k = 0,1,2,\cdots$),$W(k)$ 满足如下泛函方程:

$$W(k) = \max_{0 \leqslant \rho_j \leqslant \bar{\rho}} \sum_{j=k}^{\infty} \left[\frac{\pi_j - v(\rho_j)}{r + \rho_j} + \frac{\rho_j}{r + \rho_j} W(j+1) \right]$$

以上结果表明,非承诺型的最优 R&D 决策不但是存在的,而且还是稳定的,即 ρ_k^{**} 仅仅依靠到目前为止已经取得的阶段性成果的数目,而不依靠过去的阶段性成果实际花费的时间决策($\rho_i^{**}, k = 0,1,2,\cdots$).如果认为,只要 ρ_k^{**} 已经选择出来,而不论其阶段性成果的实际路径如何,引进方都将继续执行 ρ_i^{**} 决策,则可以把决策($\rho_i^{**}, k = 0,1,2,\cdots$)看成是最优决策。

如下结果刻划了在没有承诺的情形下引进方的最优期望利润以及最优 R&D 决策的性质。

命题 3

(a) $W(k) > \pi(\bar{q})/r$,如果 $0 \leqslant k < k^*$,且 $\rho_k^{**} > 0$;

(b) $W(k) > \pi(q_k)/r$,如果 $k \geqslant k^*$,且 $\rho_k^{**} > 0$;

(c) $W(k+1) \geqslant W(k)$,如果 $k \geqslant 0$, $W(k+1) > W(k)$,如果 $k \geqslant k^*$;

(d) $\lim_{k\to\infty} W(k) = \pi(q)/r$,此处 q 满足 $g(q) = \beta\bar{n} + \alpha_2 m_2$;

(e) $\lim_{k\to\infty} \rho_k^{**} = 0$;

(f) 对 $0 \leqslant k < k^* - 1, \rho_{k+1}^{**} \geqslant \rho_k^{**}$。

证明　只证明(e)、(f),其它易证。

令 $J(\rho, k) = \frac{\pi_k - v(\rho) + \rho W(k+1)}{r + \rho}$,则 $W(k) = \max_{0 \leqslant \rho \leqslant \bar{\rho}} J(\rho, k) = J(\rho_k^{**}, k)$,如果 $0 < \rho_k^{**} < \bar{\rho}$,则 $\partial J(\rho,k)/\partial\rho = 0$;如果 $\rho_k^{**} = 0$,则 $\partial J/\partial\rho = 0$,于是有:

$$W(k+1) - W(k) = v'(\rho_k^{**}),\text{如果 } 0 < \rho_k^{**} < \bar{\rho}$$

$$W(k+1) - W(k) \leqslant v'(\rho_k^{**}),\text{如果 } \rho_k^{**} = 0$$

当 $v''(\rho) > 0$ 时,则存在 $\bar{v} > 0$,使得 $\lim_{\rho\to 0} v'(\rho) = v$ 或者 $\lim_{\rho\to 0} v'(\rho) = \infty$,对前一种情形,由(d)性质,有:

$$\lim_{k\to\infty} W(K) = \pi(q)/r$$

于是可以找到 $k > k_2$,使得 $W(k+1) - W(k) < \bar{v}$,对 $k > k_2, \rho_k^{**} = 0$ 成立;对后一情形,$\forall \varepsilon > 0, \exists k_3$,使得 $\forall k > k_3$,有:

$$(W(k+1) - W(k)) < \varepsilon \quad \text{或} \quad v'(\rho_k^{**}) < \varepsilon$$

故对很大的 k, $\rho_k^{**} = 0$ 或者 $\forall \varepsilon > 0, v'(\rho_k^{**}) < \varepsilon$ 对充分大的 k 成立,因此两种情形下均有 $\lim_{k\to\infty} \rho_k^{**} = 0$,(e)得证。

注意,如果 $\rho_k^{**} > 0$,则 $\partial J(\rho,k)/\partial\rho |_{\rho=\rho_k^{**}} = 0$

即　$-(r+\rho)v'(\rho) + rW(k+2) - \pi(\bar{q}) + v(p)|_{\rho=\rho_k^{**}, k<k^*} = 0$

当 $W(k+2) \geqslant W(k+1)$,有:

$$-(r+\rho)v'(\rho)+rW(k+2)-\pi(\bar{q})+v(p) \geqslant$$
$$-(r+\rho)v'(\rho)+rW(k+2)-\pi(\bar{q})+$$
$$v(p)\mid_{\rho=\rho_k^{**},k<k^*}=0$$

所以 $\partial J(\rho_k^{**},k+1)/\partial\rho \geqslant 0$,对 $k+1<k^*$ 成立,由于 $v''(\rho)>0$,这意味着 $\rho_{k+1}^{**} \geqslant \rho_k^{**}>0$,如果 $\rho_k^{**}=0$,则 $\rho_{k+1}^{**} \geqslant \rho_k^{**}$.

命题 3 表明无论什么时候,引进方的 R&D 速度都是正的. 它希望在有限时间内开发出替代品, 即 $E(t_{k^*})=\Sigma_0^{k^*-1}1/\rho_k^{**}$ 是有限的,这是因为在替代完成前的周期内(即 $k<k^*$)、当 k 个阶段性成果已经取得时.引进方会认为后面的投资是值得的。进一步,随着 $\rho_k^{**}\to 0$ 表明 R&D 活动的速度将逐渐慢下来,引进方对目前的利润水平感到满意。

如果 k 的值很大(当然要大于 k^*),引进方也许已经开始使用替代品,替代品的生产将充分地增加使得另一轮产量的增加带来的适时利润的增加相对地小,对 R&D 过程中获得的总的期望净利润亦是如此。

下面的命题 4 与文[1] 命题 1 ~ 3 类似。

命题 4　由许可方提供的伴随投入品的生产成本的提高将加快引进方在替代开始以前每个阶段替代品开发的 R&D 速度;互补投入品价格的增加将减少替代前和替代后每一个时刻引进方 R&D 的速度,如果引进方在替代开始后使用的替代品的总量是 R&D 阶段性成果的数目的增函数的话。

命题 4 说明,即使在没有承诺的情形,参数的改变或者相应的政府政策的改变,将对引进方 R&D 的速度产生影响,这些影响与[1] 中命题 1-3 有承诺的情形是类似的。然而、在非承诺的情形下,R&D 速度不仅在 k^* 阶段改变,而且在 R&D 过程的每个阶段均有所改变。可见,政府政策在无承诺的情形比有承诺的情形有着更强的影响。

到目前为止,笔者已经研究了替代投入品的 R&D 特征、分析了由技术许可导入的内生技术变化的过程、这个过程的现实背景是十分清楚,笔者只针对完全承诺和完全不承诺两种极端情形展开了讨论,实际上,还存在部分承诺和模糊承诺的政策博奕问题,还可以继续讨论。

参 考 文 献

[1] 傅强. 伴随投入品替代对内生技术变化的影响(Ⅰ)[J]. 重庆大学学报(自科版).2000,23(1):100 ~ 104.

[2] LIPPAN S. Semi – Markov Decision Processes with Un – Bounded Rewards[J]. Management Science, 1982, 19:717 ~ 731.

Equilibtium Analysis of Influence on Endogenous Technilogical Change is Accompnying Input Substitution(Ⅱ)

FU Qiang

(College of Business and Admistration, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

ABSTRACT: The role of making – decison for technological licensor on substitution input R&D is investigated. Existence and stationary of non – commitment optimal R&D making – decision are proved.

KEYWORDS: technological license; technical change; accompanying input

(责任编辑　张小强)